

开采与设计

华亭煤矿合理煤柱尺寸确定及分层巷道布置优化

李文洲

(煤炭科学研究总院 开采设计研究分院, 北京 100013)

[摘要] 在华亭矿地质条件基础上, 利用数值模拟软件对特厚煤层分层综放开采煤柱的留设和分层巷道布置进行优化计算, 得出了较优的区段煤柱尺寸和分层巷道的布置方式。并将所得的煤柱尺寸和实际进行比较, 基本满足工程需要。

[关键词] 特厚煤层; 分层综放开采; 区段煤柱; 巷道布置

[中图分类号] TD822 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-6225 (2009) 06-0022-03

Rational Coal Pillar Dimension and Optimization of Sub-level Roadway Layout for Huating Colliery

LI Wen-zhou

(Mining & Designing Research Branch China Coal Research Institute Beijing 100013, China)

Abstract: Based on geological conditions of Huating Colliery, this paper applied numerical simulation software to optimizing coal pillar design and roadway layout of sub-level full-mechanized caving mining extremely thick coal seam. It obtained rational coal pillar dimension and roadway layout manner. Actual application showed the dimension of coal pillar was fit for engineering requirement.

Key words: extremely thick coal seam; sub-level full-mechanized caving mining; coal pillar of district sub-level; roadway layout

华亭矿综放开采首采工作面为 250101 工作面, 采用走向长壁分层综采低位放顶煤采煤方法。开采深度 700m, 倾角 5~8°。煤层平均厚 37m, 分 3 层开采, 分层时以靠近底板 10m 处的夹矸为界, 夹矸下为一层, 厚度约为 10m, 夹矸上煤层平均分层厚度约为 13.5m。

分层开采煤柱留设时, 由于煤柱将受到上方采空区和本工作面煤层的采动应力的叠加影响, 因此, 各分层煤柱的留设位置、时间、尺寸等都是需要考虑的问题。从而有利于巷道的稳定和维护, 采出率的提高, 以及安全生产。所以, 必须对分层开采条件下巷道的布置和煤柱的合理尺寸进行研究。

本文主要采用数值模拟研究煤柱的留设和巷道布置问题, 模拟过程中煤层采用应变软化模型, 其余为摩尔模型。

1 数值模拟模型的建立

由于煤层为特厚煤层, 当上分层开挖后, 冒落矸石对采空区的填充和支撑作用是很明显的。因此, 对采空区进行充填模拟, 采空区材料的本构模型采用弹性模型。模拟分析中, 冒落矸石的弹性模量和泊松比按后者确定。就一般而言, 冒落矸石的弹性模量取未破坏状态下煤岩块弹性模量的 1/100

~1/10, 而泊松比按 1.2~1.5 选取。模拟过程中对下分层进行计算时, 上层垮落的矸石的重力也是必须考虑的因素。考虑到碎胀系数的影响, 充填体的密度按基本顶岩层的密度缩小一定比例来考虑。

考虑到以上因素, 模拟范围设定的长×宽×高为 380m×40m×168m。共建立了 142100 个区域和 156691 个节点。如图 1 所示。

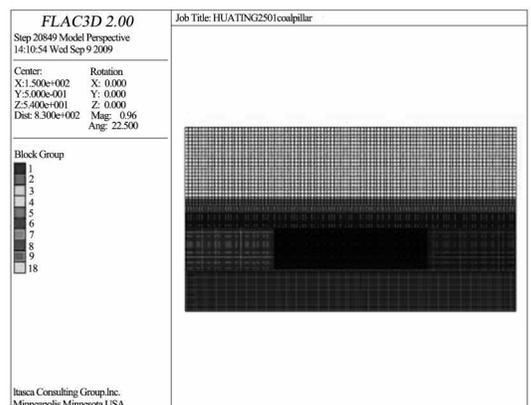


图 1 数值模型

2 地质力学测试结果

地质力学参数是煤柱设计和加固设计的基础。只有充分了解研究对象, 才能够使设计合理、安

[收稿日期] 2009-06-08

[作者简介] 李文洲 (1981-), 男, 山西晋城人, 硕士, 助理工程师, 现从事注浆加固技术研究。

全、可靠。地质力学测试采用煤炭科学研究总院开采设计分院巷道所开发研制的水压致裂法围岩地质力学快速测试系统，测站布置如图2所示。

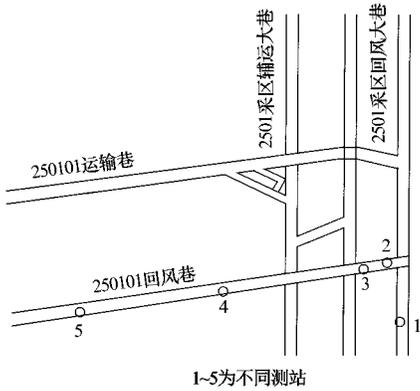


图2 地质力学测站分布

通过测试：华亭煤矿第二水平2501采区地应力场为 σ_H 型应力场，最大主应力为水平主应力，属于构造应力场类型。5个测站中， σ_H 最大为24.28MPa，最小为22.60MPa，相比同等深度其他矿区的地应力水平较大； σ_H/σ_v 最小为1.62，最大为1.77，可见，地应力以水平应力为主，构造应力占主导地位。5个测站的地应力方向表明，在2501采区附近应力场中最大水平主应力方向主要集中在 $N19.6^\circ E \sim N51^\circ E$ 。

3 第一分层区段煤柱数值模拟方案及模拟结果

将区段煤柱尺寸分为5m、10m、15m、20m、25m、30m、35m和40m，8种方案进行模拟计算。选取了几个有代表性方案的煤柱垂直应力分布图，如图3所示。

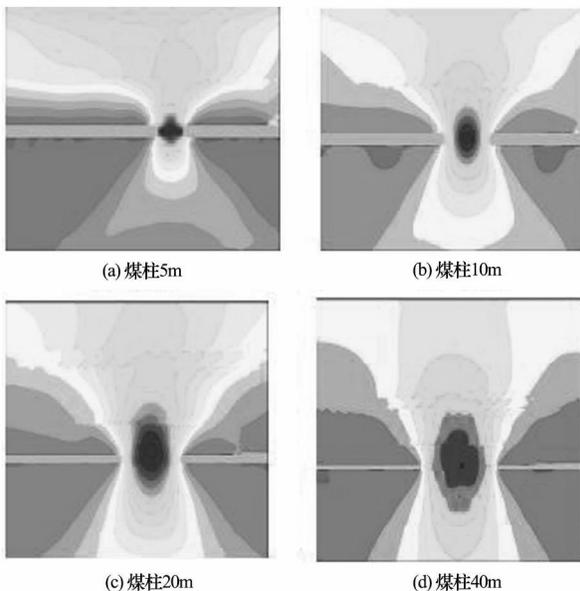


图3 不同宽度煤柱垂直应力分布

图4为不同煤柱宽度垂直应力曲线。从图4中可以看出：煤柱为5m时，煤柱已完全屈服，失去承载能力；煤柱为10m时，煤柱有效承载部分已经很小，大部分已经发生屈服；从15m开始，煤柱有了明显的核区即有效承载部分逐渐增大；当煤柱为20~25m时，煤柱的实际承载部分即煤柱的核区已经占整个煤柱宽度的40%以上，而屈服部分逐渐减小。区段煤柱尺寸定为20m。

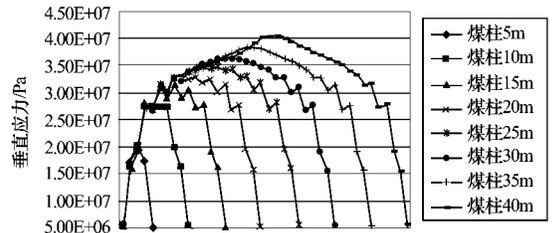


图4 不同煤柱宽度垂直应力曲线

4 分层巷道布置方案及模拟结果

4.1 第二分层巷道布置方案及模拟结果

为了对第二分层的巷道布置进行模拟并比较巷道在不同位置处的变形情况，巷道及煤柱留设如图5所示。以第二分层巷道相对第一层巷道的位置为准，将模拟方案分为14种情况：内错1m，内错3m，内错5m，内错7m，无内错，外错1m，外错3m，外错5m，外错10m，外错15m，外错20m，外错30m，外错34m和外错37m。

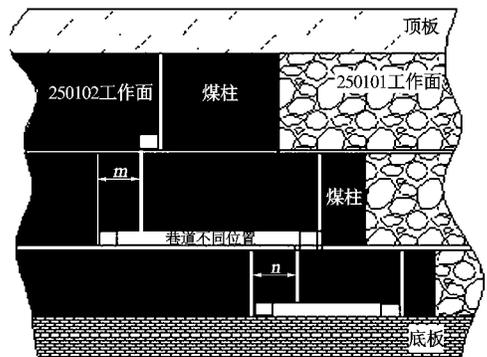


图5 巷道及煤柱留设示意 (m, n为内外错距离)

图6为不同方案巷道表面位移曲线。从图6中可以看出，位移的变化经历了3个阶段：从内错7m到无内错；从无内错到外错20m；从外错20m到外错37m。

巷道布置处于第1阶段时，巷道位置处于第一分层留设煤柱左侧，随着巷道布置内错距离的减小，巷道表面位移逐渐增大。这是因为随着巷道布置形式的变化，巷道受上分层留设煤柱的影响越来

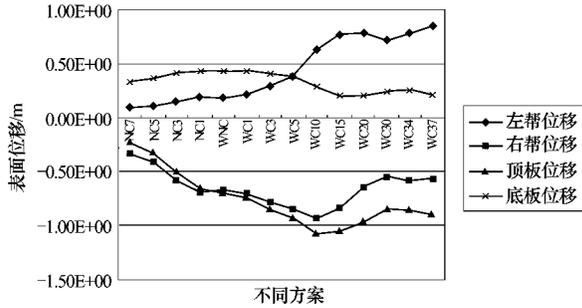


图 6 不同方案巷道表面位移曲线

越严重。巷道破坏主要表现为右帮和顶板的破坏。

巷道布置处于第 2 阶段时, 巷道位置处于第一分层留设煤柱下方, 巷道表面位移经历了一个先增大后减小的过程。这是因为随着巷道布置位置的变化, 巷道受煤柱应力集中的影响越来越大, 巷道变形破坏严重; 当巷道布置为外错 10m 时, 右帮和顶板的位移达到了最大值 1m 左右。随着巷道位置的继续右移, 巷道受应力集中影响逐渐减小, 巷道变形逐渐减小, 巷道表面位移也逐渐减小。

巷道布置处于第 3 阶段时, 巷道表面位移经历了一个先减小后增大的过程。这是因为巷道处于上分层的采空区下方, 上分层开采时矿山压力已经较大程度的释放。随着巷道位置的变化, 巷道表面位移值又逐渐增大, 这是因为随着巷道位置的变化, 护巷煤柱的尺寸越来越小, 有效的支撑作用减小, 使得巷道的变形又逐渐增大。

选取了几个阶段有代表性的剪应力分布图, 如图 7 所示。从图中可以看出巷道布置形式为内错 5m 和内错 1m 时主要为第一阶段, 巷道破坏主要表现为第二分层和上方采空区有较大的剪应力分布和两层之间在巷道位置处的剪应力贯通; 随着巷道位置的右移, 巷道布置形式为外错 10m 时为第二阶段, 由于受煤柱应力集中的影响, 和上区段工作面回采的影响, 剪应力逐渐在留设巷道、煤柱和上分层之间形成剪应力贯通区, 巷道变形量比较大; 随着巷道位置的右移, 巷道布置形式为外错 30m 时为第三阶段, 剪应力形成的贯通区减小, 煤柱的稳定性增强, 剪应力主要分布在巷道周围。

最后将第二分层煤柱尺寸小于 20m 方案的煤柱垂直应力绘制成图, 如图 8 所示。

根据以上的模拟结果结合煤柱的垂直应力分布曲线, 第二分层巷道布置采用外错形式即外错 32m (说明: 按以上方案计算时, 方案取外错 30m 时煤柱尺寸偏小, 取外错 34m 时煤柱尺寸偏大, 因此, 煤柱的尺寸取 2 种方案的平均值为外错 32m。), 煤

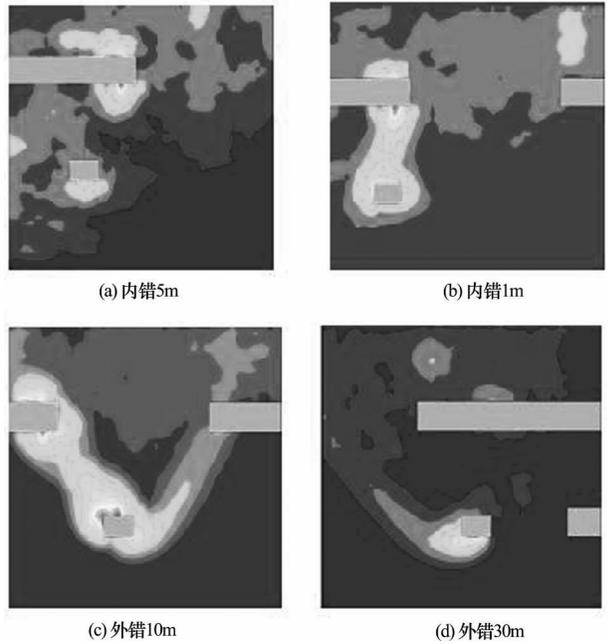


图 7 不同方案剪应力分布

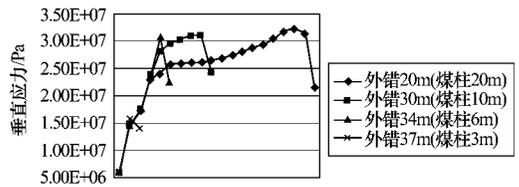


图 8 不同方案煤柱垂直应力分布 (煤柱尺寸小于 20m)

柱宽度为 8m。

4.2 第三分层巷道布置数值模拟及结果

第三分层巷道布置及煤柱留设时, 以第三分层巷道相对第二层巷道的位置为准, 将模拟方案分为 12 种情况: 内错 1m, 内错 3m, 内错 5m, 内错 7m, 无内错, 外错 5m, 外错 10m, 外错 15m, 外错 18m, 外错 20m, 外错 24m 和外错 27m。

第三分层计算过程和第二分层类似, 第三分层巷道布置采用外错形式, 外错煤柱宽度为 8m。

5 结论

(1) 特厚煤层分层综放开采条件下区段煤柱的留设和一般情况下相类似, 但由于煤层为特厚煤层, 开采过程中压力较大, 致使煤柱尺寸相比较一般情况下要大, 区段煤柱尺寸定为 20m。

(2) 内错式布置, 工作面长度相对缩短, 造成大量煤炭损失。工作面巷道在服务期间受相邻上分层工作面回采动压影响严重。若工作面巷道在掘进过程中受上层相邻回采动压影响, 则工作面巷道的受影响程度更大。因此, 要减少上分层相邻工作

(下转 16 页)

监测从 2006 年 10 月 20 日到 12 月 30 日, 以 10 月 24 日为参考值, 11 月 5 日的应力等值线云图如图 5, 11 月 10 日的应力等值线云图如图 6。

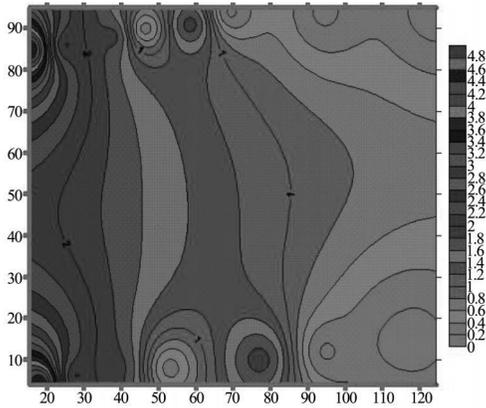


图 5 2006 年 11 月 5 日应力等值线

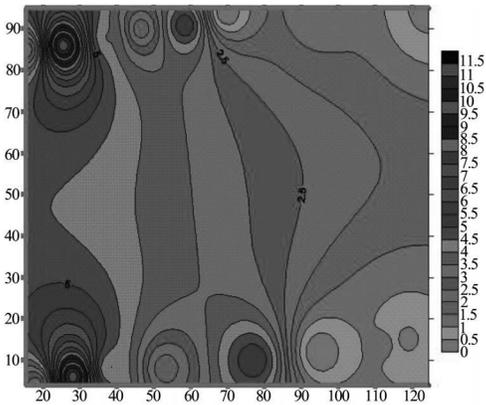


图 6 2006 年 11 月 10 日应力等值线

由图 5 的应力等值线云图可以看出, 应力集中区域约超前工作面 20~30m, 与矿山压力理论中的支撑压力分布规律吻合。由图 6 的应力等值线云图可以看出由于工作面向前推进, 已经越过第 1 对传感器, 因此, 等值线云图包括一部分采空区的应力分布, 工作面的位置在图中 25m 处左右, 应力集

中区域非常明显。从 10 月 24 日到 11 月 10 日, 随着工作面的推进, 尽管前方煤体内应力分布发生变化, 但是由于工作面周围不存在断层、煤柱或褶皱等异常区域, 采动过程中工作面前方采动影响区范围内煤层的应力差值变化较小, 此范围内没有出现应力和应力差值异常变化的情况, 没有发生破坏性的冲击矿压事故。

5 结 论

采动应力监测系统在煤岩体不同位置布置应力传感器, 并实时记录其应力值的变化量, 通过采动应力梯度变化确定采动应力的影响范围, 在实际应用后得出以下结论:

(1) 建立的采动应力监测理论能全面反映复杂采动影响下煤岩体的变化情况, 通过比较分析传感器的监测结果, 可以分析应力叠加情况, 对分析引起煤岩体破坏与变形的影响因素具有重要意义。

(2) 地面设备采用备用机和避雷器, 充分考虑到了监测监控系统的冗余和可靠。系统符合数字化矿山的要求, 能够介入以太环网, 当煤矿不具备环网设备时, 采用较为先进的 CAN 总线进行传输。

(3) 采用具有发明专利的钻孔应力计和实用新型专利的一孔多点测量的钻孔应力计作为监测传感器更为实用和有效。

(4) 能够准确监测采动影响条件下工作面前方煤岩体的应力变化, 据此能够有效评价工作面前方的支撑应力分布和冲击危险区域, 为预测冲击矿压提供先进、适用的手段。

[参考文献]

[1] 齐庆新, 窦林名. 冲击矿压理论与技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008.
 [2] 孙继平. 矿井安全监控系统 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2006.

[责任编辑: 蓝 航]

(上接 24 页)
 面回采对下分层工作面巷道矿压显现的影响, 需解决好采、掘顺序及采、掘时间问题。

(3) 分层巷道布置时, 第二分层和第三分层都采用外错形式, 煤柱尺寸为 8m。

[参考文献]

[1] 柏建彪, 侯朝炯. 空巷顶板稳定性原理及支护技术研究 [J].

煤炭学报, 2005, 30 (1), 8—11.
 [2] 谢文兵, 王世彬, 冯光明. 放顶煤开采沿空留巷围岩移动规律及变形特征 [J]. 煤炭学报, 2004, 33 (5): 513—516.
 [3] 王传团, 张绍敏. 回采巷道合理煤柱的确定 [J]. 煤矿开采, 2002 (4): 49—51.
 [4] 王德润, 谢广祥. 综放回采巷道稳定性数值模拟研究 [J]. 矿山压力与顶板管理, 2000 (1).
 [5] 侯朝炯, 郭励生, 勾攀峰. 煤巷锚杆支护 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1999.

[责任编辑: 王兴库]